

TUGAS AKHIR
PERBANDINGAN LAJU PENDINGINAN BESI COR KELABU
PADA CETAKAN PASIR DAN CETAKAN PERMANEN



Disusun Sebagai Syarat Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun oleh :
INDRA BAKTI ACHSAN MUTAQQIN
D200160116

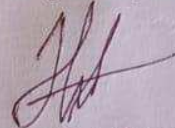
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul **"PERBANDINGAN LAJU PENDINGINAN BESI COR KELABU PADA CETAKAN PASIR DAN CETAKAN PERMANEN"** yang dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang telah dipublikasikan dan pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali sebagian sumber informasinya saya catumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, Agustus 2021

Yang Menyatakan,



Indra Bakti Achsan M

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas akhir "PERBANDINGAN LAJU PENDINGINAN BESI COR KELABU PADA CETAKAN PASIR DAN CETAKAN PERMANEN" telah disetujui oleh pembimbing tugas akhir untuk dipertahankan didepan dewan penguji sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata satu pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **INDRA BAKTI ACHSAN M**

NIM : **D200160116**

Disetujui pada :

Hari : Sabtu

Tanggal : 29 Mei 2021

Pembimbing Tugas Akhir



Agus Yulianto, S.T.,M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir judul **"PERBANDINGAN LAJU PENDINGINAN BESI COR KELABU PADA CETAKAN PASIR DAN CETAKAN PERMANEN"** telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan dinyatakan sah untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar sarjana strata satu pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **INDRA BAKTI ACHSAN M**

NIM : **D200160116**

Disah pada :

Hari : **Selasa**

Tanggal : **24 Agustus 2021**

Dewan Penguji :

Ketua : **Agus Yulianto, S.T., M.T.**

Sekretaris : **Amin Sulistyanto, S.T., M.T.**

Anggota : **Ir. Bibit Sugito, M.T.**

(.....)
(.....)
(.....)

Kaprodi Teknik Mesin



Ir. Agus Dwi Anggono, ST, M.Eng, Ph.D



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Jl. A.Yani, Pabelan, Kartasura, Tromol Pos I Telp. (0271) 717417 ext. 222

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta Nomor 129/II/2020 Tanggal 10 September 2020 tentang Pembimbing Tugas Akhir dengan ini :

Nama : Agus Yulianto, S.T., M.T.

Pangkat/Jabatan : Lektor

Kedudukan : Pembimbing Skripsi

Memberikan soal Tugas Akhir kepada :

Nama : Indra Bakti Achsan M

Nomor Induk : D200160116

Jurusan/Semester : Teknik Mesin / 10

Judul /Topik : Perbandingan Laju Pendinginan Besi Cor Kelabu Pada Cetakan Pasir Dan Cetakan Permanen

Rincian Soal/Tugas : Membandingkan Laju Pendinginan Besi Cor Kelabu Antara Cetakan Pasir Dan Cetakan Permanen

Demikian Soal Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 14 September 2020

Pembimbing

Agus Yulianto, S.T., M.T.

Keterangan :

Dibuat rangkap 3 (tiga) :

1. Untuk Kajur (Koordinator TA)
2. Untuk Pembimbing Tugas Akhir
3. Untuk Mahasiswa

MOTTO

“Barang siapa menempuh jalan untuk mendapatkan ilmu, Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga.”

(HR. Muslim)

“Pendidikan Merupakan Senjata Paling Ampuh yang Bisa Kamu Gunakan Untuk Merubah Dunia.”

(Nelson Mandela)

“Benteng yang kuat adalah beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa.”

(R.D.H. Suwarno)

PERSEMBAHAN

Sebagai ungkapan rasa syukur dan terimakasih, dengan kerendahan hati Tugas Akhir ini persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua tercinta yang telah mencurahkan kasih sayang, cinta, tenaga, dukungan dan do'a yang tulus untuk keberhasilan ananda. Hanya do'a dan ucapan terimakasih yang bisa ananda berikan. Ananda berjanji suatu hari nanti akan membuat bangga ibu dan bapak.
2. Adik yang telah memberi dukungan dan do'a yang tulus untuk keberhasilan ananda.
3. Agus Yulianto, S.T.,M.T., selaku pembimbing yang telah memberikan pengarahan, bimbingan dan saran sehingga Tugas akhir ini dapat terselesaikan.
4. Teman-temanku Teknik Mesin Angkatan 2016 yang tidak bisa saya sebut satu persatu, terimakasih atas bantuan dan kebaikan kalian, saya tidak bisa membalas apa-apa, semoga Allah swt yang membalasnya, Amin.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas dan rahmat-Nya sehingga penyusunan laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Tugas akhir berjudul “perbandingan laju pendinginan besi cor kelabu pada cetakan pasir dan cetakan permanen” dapat diselesaikan dengan baik atas dukungan dari beberapa pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis dengan segala ketulusan dan keikhlasan hati ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

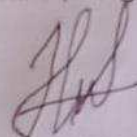
1. Bapak Rois Fatoni, ST, M.Sc, Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Ir. Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D.Ir. Subroto, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Kholqillah Ardian Ilman, S.T., M.Eng. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Agus Yulianto, S.T., M.T., yang telah mengarahkan, membantu, dan membimbing selama pengerjaan tugas akhir ini.
5. Bapak Bambang Waluyo Febriantoko, S.T., M.T., selaku pembimbing akademik yang telah memberi saran dan nasehat selama perkuliahan di UMS.
6. Bapak Ir. Agung Setyo Darmawan, M.T., selaku kepala lab CAD/CAM/CAE yang telah mengijinkan proses pengerjaan tugas akhir di lab CAD/CAM/CAE.
7. Jajaran staf dan dosen di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, atas segala ilmu yang diberikan selama penulis menempuh studi perkuliahan.

8. Keluarga tercinta, terutama bapak dan ibu yang sangat berharga yang senantiasa memberi bimbingan dan arahan kepada ananda.
9. Teman-teman asisten lab CAD/CAM/CAE yang telah membantu proses penulisan tugas akhir.
10. Teman-teman seperjuangan tugas akhir. Tetap berjuang perjalanan kita masih panjang kawan.
11. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2016 yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Semoga Allah senantiasa memberikan kemudahan dalam setiap amalan kita.

Penulis berharap laporan ini bisa bermanfaat bagi yang membaca, dan atas segala kekurangan yang ada pada laporan ini penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya. Penulis berharap ada kritik dan saran yang bersifat membangun dari segala pihak. Sekali lagi penulis ucapkan terimakasih.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Surakarta, Agustus 2021



Indra Bakti Achsan M

PERBANDINGAN LAJU PENDINGINAN BESI COR KELABU PADA CETAKAN PASIR DAN CETAKAN PERMANEN

ABSTRAK

Pengecoran merupakan proses peleburan material logam untuk kemudian dicetak sesuai dengan keinginan pembuat. Di dalam pengecoran juga terdapat pemaduan dua unsur logam atau pun lebih. Pada proses pengecoran banyak menggunakan cetakan pasir (*sand casting*) dan cetakan logam (*permanent mold casting*). Cetakan yang berbeda akan memengaruhi laju pendinginan pengecoran. Laju pendinginan dalam proses solidifikasi menggunakan cetakan pasir dan cetakan logam diukur menggunakan termokopel yang dihubungkan dengan data *logger*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan temperature pendinginan pengecoran menggunakan cetakan pasir dan cetakan logam dengan bahan FCD pada proses pengecoran FC25. Dalam penelitian ini, tungku yang digunakan pada proses peleburan besi cor kelabu menggunakan tungku induksi. Sebelum penuangan kedalam cetakan, besi cor kelabu yang dicairkan dilakukan inokulasi dengan menambahkan Silikon (Si) dan Mangan (Mn), dan tanpa dilakukan inokulasi. Besi cor kelabu yang telah berbentuk solid dengan inokulasi dan tanpa inokulasi dilakukan pengujian komposisi kimia, struktur mikro, kekerasan, dan SEM EDS. Hasil pengujian menunjukkan penurunan suhu rata-rata cetakan pasir sebesar 531,079 °C selama 100 menit, pada cetakan logam sebesar 298,3135 °C selama 81 menit. Perbandingan laju pendinginan menggunakan cetakan pasir dan cetakan logam lebih cepat menggunakan cetakan logam dengan selisih 19 menit. Hasil pengujian kekerasan Vickers pada bagian atas 123.826667 HV, tengah 168.846667 HV, bawah 132.6 HV.

Kata kunci: Ferro Casting Ductile, Hardness, Microstructure, Spectrometer, Solidification.

AN EXTENSIVE COMPARISON OF COOLING IN GRAY IRON ON SAND MOLD AND PERMANENT MOLD

ABSTRACT

Casting is the process of smelting metal materials to be printed according to the wishes of the maker. In the casting there is also the mixing of two or more metal elements. In the casting process many use sand casting and metal molds (permanent mold casting). Different molds will affect the casting cooling rate. The cooling rate in the solidification process using sand molds and metal molds is measured using thermocouples connected with the data logger. The purpose of this study is to find out the comparison of temperature cooling casting using sand molds and metal molds with FCD materials in the FC25 casting process. In this study, the furnace used in the smelting process of gray cast iron using induction furnace. Before pouring into the mold, the melted gray cast iron is inoculated by adding Silicon (Si) and Manganese (Mn), and without inoculation. Gray cast iron that has been solid with inoculation and without inoculation is carried out tests of chemical composition, microstructure, hardness, and SEM EDS. The test results showed a decrease in the average temperature of the sand mold of 531.079 °C for 100 minutes, for the metal mold it was 298.3135 °C for 81 minutes. Comparison of cooling rates using sand molds and metal molds is faster using metal molds with a difference of 19 minutes. Vickers hardness test results at the top of 123.826667 HV, middle 168.846667 HV, below 132.6 HV.

Key words: Ferro Casting Ductile, Hardness, Microstructure, Spectrometer, Solidification.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Pengecoran Logam	6
2.2.2 Klasifikasi Cetakan	8
2.2.3 Klasifikasi Besi Cor	13
2.2.4 Pencairan Logam	15
2.2.5 Pembekuan Logam	16
2.2.6 Pengaruh Kandungan Kimia Besi Cor	18

2.2.7	Heat Treatment.....	20
2.2.8	Diagram Fasa Baja Karbon (Fe-C)	21
2.2.9	Paduan Besi Cor.....	21
2.2.10	Pengujian Struktur Mikro.....	22
2.2.11	Pengujian Kekerasan.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Metodologi Penelitian	26
3.2	Tempat Penelitian.....	27
3.3	Alat Bahan dan Proses.....	27
3.3.1	Alat.....	27
3.3.2	Bahan	32
3.3.3	Proses Perancangan <i>SolidWork</i>	34
3.3.4	Proses Perencanaan <i>SolidCast</i>	36
3.3.5	Proses Pemasangan Data <i>Logger</i>	36
3.3.6	Proses <i>Sand Casting</i>	37
3.3.7	Proses Pengecoran <i>Sand Casting</i>	38
3.3.8	Proses <i>Permanent Mold</i>	39
3.3.9	Proses Pengecoran <i>Permanent Mold</i>	39
3.3.10	Proses Pengujian Kekerasan.....	40
3.3.11	Proses Pengamatan Struktur Mikro	41
3.3.12	Proses Pengujian SEM EDS.....	41
3.3.13	Proses Pengujian <i>Spectrometer</i>	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Penurunan <i>Temperature</i> Proses Pengecoran	44
4.1.1	Penurunan <i>Temperature</i> Pada Cetakan Pasir	44
4.1.2	Penurunan <i>Temperature</i> Pada Cetakan Logam	46
4.1.3	Perbandingan Pendinginan Cetakan Pasir Dan cetakan Logam	49
4.2	Pengujian Struktur Mikro	50
4.2.1	Struktur Mikro Cetakan Pasir	50
4.2.2	Struktur Mikro Cetakan Logam	54

4.3 Hasil Pengujian <i>Spectrometer</i>	58
4.4 Hasil Pengujian Kekerasan	61
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Cetakan Logam.....	10
Gambar 2.2 Cetakan Pasir	12
Gambar 2.3 Proses Pembekuan Logam Cair	16
Gambar 2.4 Proses Pembekuan Logam Dalam Cetakan	17
Gambar 2.5 Diagram Fasa Baja Karbon (Fe-C).....	21
Gambar 2.6 Skema Mikroskop Optik	22
Gambar 2.7 Alat pengujian Kekerasan	23
Gambar 2.8 Geometri Indikator Uji Kekerasan Brinel	24
Gambar 2.9 Geometri Indikator Uji Kekerasan <i>Vickers</i>	24
Gambar 2.10 Dial Pengujian Kekerasan <i>Rockwell</i>	25
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	26
Gambar 3.2 Software SolidCast.....	27
Gambar 3.3 Gerinda Potong	27
Gambar 3.4 Cetakan.....	27
Gambar 3.5 Tungku	28
Gambar 3.6 Kowi	28
Gambar 3.7Kompore	28
Gambar 3.8 Termokopel	29
Gambar 3.9 Data Loger	29
Gambar 3.10 Laptop	29
Gambar 3.11 Jangka Sorong	30
Gambar 3.12 Amplas	30
Gambar 3.13 Tumbukan	30
Gambar 3.14 Timbangan	31
Gambar 3.15 Mesin Polish.....	31
Gambar 3.16 Pola Kayu.....	32
Gambar 3.17 Alat Uji Struktur Mikro	32
Gambar 3.18 FC25	32
Gambar 3.19 <i>Green Sand</i>	33

Gambar 3.20 Larutan Etsa.....	33
Gambar 3.21 Pasir Resin.....	34
Gambar 4.1 Grafik pendinginan Cetakan Pasir Eksperimen.....	46
Gambar 4.2 Grafik pendinginan Cetakan Logam Eksperimen	48
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan pendinginan Cetakan Pasir Dan Cetakan Logam Eksperimen.....	49
Gambar 4.4 Hasil Uji SEM Pada Bagian T1 (Bawah)	50
Gambar 4.5 Spektrum EDS T1 (Bawah).....	51
Gambar 4.6 Hasil uji SEM Pada Bagian T2 (Tengah).....	52
Gambar 4.7 Spektrum EDS T2 (Tengah).....	52
Gambar 4.8 Hasil uji SEM Pada Bagian T3 (Atas).....	53
Gambar 4.9 Spektrum EDS T3 (Atas).....	53
Gambar 4.10 Hasil Uji SEM Pada Bagian T2 (Atas)	55
Gambar 4.11 Spektrum EDS T2 (Atas).....	55
Gambar 4.12 Hasil Uji SEM Pada Bagian T1 (Tengah)	56
Gambar 4.13 Spektrum EDS T1 (Tengah).....	56
Gambar 4.14 Hasil Uji SEM Pada Bagian T3 (Bawah)	57
Gambar 4.15 Spektrum EDS T3 (Bawah).....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data temperature cetakan pasir	44
Tabel 4.2 Data temperature cetakan logam	47
Tabel 4.3 Hasil EDS bagian T1	51
Tabel 4.4 Hasil EDS bagian T2	52
Tabel 4.5 Hasil EDS bagian T3	54
Tabel 4.6 Hasil EDS bagian T2	55
Tabel 4.7 Hasil EDS bagian T1	57
Tabel 4.8 Hasil EDS bagian T3	58
Tabel 4.9 Data Hasil Uji Komposisi Kimia Campuran Si Mn	59
Tabel 4.10 Data Hasil Uji Komposisi Kimia Non Campuran Si Mn	60
Tabel 4.11 Data Hasil Uji Kekerasan Vickers Cetakan Permanen	61
Tabel 4.12 Data Hasil Uji Kekerasan Vickers Cetakan Pasir	61

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Laporan Hasil Spectometer 1
- Lampiran 2. Laporan Hasil Spectometer 2
- Lampiran 3. Laporan Hasil Uji Kekerasan 1
- Lampiran 4. Laporan Hasil Kekerasan 2
- Lampiran 5. Laporan Hasil Kekerasan 2
- Lampiran 6. Laporan Hasil SEM EDS 1
- Lampiran 7. Laporan Hasil SEM EDS 2
- Lampiran 8. Laporan Hasil SEM EDS 3